

附件1 浙江工程师学院(浙江大学工程师学院) 同行专家业内评价意见书

学号: <u>22260121</u>

浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)制

2025年05月13日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容,请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告,可另行附页或增加页数,A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔,亲 笔签名或签字章,不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写,编号规则为:年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4 位+流水号3位,共11位。 一、个人申报

(一)基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》,结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准,举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

本人为浙江大学工程师学院2022级硕士研究生,专业为电气工程,培养方向为新能源电网技术与绿氢。在2022-

2023学年完成11门必修课和4门选修课,共计获得26学分,达到培养方案要求:通过《工程 伦理》、《自然辩证法概论》等公共学位课的学习,逐步提高品德修养与科学素养;通过《 高阶工程认知实践》、《综合能源系统集成优化》和《新能源发电与变流技术》等专业学位 课的学习,了解行业发展前景、探究产业核心技术、夯实专业知识技能;通过《工程管理》 、《数学建模》等专业选修课的学习,拓展多学科交叉视野。课堂之外,本人在校内导师与 企业导师的共同指导下,依托科技项目与示范工程,围绕电氢混合储能优化展开研究,透彻 掌握电氢耦合、微电网和储能等相关领域基础知识,熟练使用MATLAB、YALMIP、CPLEX等仿 真建模工具,进行理论应用与技术创新,具备独立科学研究能力,已完成学位论文《微网电 氢混合储能优化配置与运行方法研究》。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

本人为2022级工程硕博士培养改革专项学生,于2023年9月进入国网浙江省电力有限公司电 力科学研究院科技研发中心开展专业实践。在企期间,主要依托国家重点研发计划《可离网 型风/光/氢燃料电池直流互联与稳定控制技术》及配套的浙江宁波慈溪电氢耦合直流微网示 范工程、国网浙江省电力有限公司科学技术项目《计及多时间尺度匹配需求的长短周期混合 储能协同优化配置与运行控制技术研究》等,进行电氢混合储能优化相关研究,在项目管理 、论文撰写、专利申请等多个环节得到锻炼。同时,借助实践单位的研究资料与实验平台, 了解项目的实际运营现状、熟悉现场的设备调试流程,并通过实地考察、与项目组技术成员 交流讨论,分析现有研究中存在的问题、抓住技术痛点与难点,积累工程实践经验、推进毕 业课题研究。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

本人于2022-2023学年在校完成个人学习计划内课程, 2023-2024学年和2024-

2025学年在企开展专业实践,综合运用所学知识解决实际问题。借助学校和企业的科研资源,我深入了解并逐步掌握电氢耦合技术、微电网技术和储能技术的发展情况与基础理论,通过文献阅读和实地考察,了解现有研究中的难点和实际工程中的痛点。当前,双碳目标下新能源高比例、分散式接入受端电网,带来"能源消纳"与"电力保供"双重挑战。微网作为一种有效整合分布式电源与负荷的重要技术方案,可通过灵活的并/离网操作和内部资源的集中调控,提升配电系统供电可靠性与经济性。随着微网中新能源占比不断提高,其出力的随机性、间歇性和波动性显著增加了电力电量平衡难度,不仅给系统调节带来了秒、分钟或小时级功率波动,也导致了日、周以及季度发电量差异巨大。储能是微网中关键的灵活调节装置,可有效改善系统运行特性,解决不确定性供需双向匹配问题。当前常见的如电化学储能等储能方式主要用于响应短时不确定性,难以应对长时源荷电量匹配问题,可能使系统面临功率-

能量失衡风险。风光等清洁能源制取的"绿氢"是一种绿色低碳二次能源,具有高能量密度、可长时存储等优势。随着氢能在能源体系中地位提升,以及电转氢技术持续发展,氢储能作为一种新型储能方式,受到广泛关注。由于充电组件(电解槽)、放电组件(燃料电池)和存储组件(储氢罐)能够独立配置,氢储能可以做到功率容量解耦设计,从而弥补电化学

储能受功率-

容量比限制的调节短板,实现跨日、跨周甚至跨季度的能量搬移。以氢储能为代表的长周期 储能和以电化学储能为代表的短周期储能,在平衡源荷不匹配关系上有着不同的调节能力和 应用场景,二者紧密配合可为系统的灵活调节需求提供全方位支持。

目前,有关微网内储能优化的研究大多局限在日前、日内或实时的短时间尺度协同上,缺乏 更长时间尺度的储能管理。而长短周期电氢混合储能优化配置与运行的核心在于,如何考虑 氢储能在周、月、年等调度周期内的"电-氢-

电"转换过程,实现两类储能在不同能量形式和时间尺度上的协调配合。现有研究对电化学储能和氢储能的耦合关系与协同原则不够明确与深入,未能很好凸显长周期氢储能的调节优势。因此,我围绕微网电氢混合储能系统基础建模、优化配置与优化运行三方面开展课题研究,主要内容总结如下:

(1)构建了以电化学储能为短周期储能、氢储能为长周期储能的电氢混合储能系统模型。 参考浙江宁波慈溪电氢耦合直流微网示范工程,对含电氢混合储能的微网系统进行简化,关 注微网电力电量平衡与微网并/离网运行模式;根据不同储能运行特性,分析电氢混合储能 系统工作原理,并对相关设备进行建模,刻画储能系统充放电和充放氢平衡过程,为后续研 究微网电氢混合储能优化配置与运行提供理论基础。

(2)提出了基于多时间尺度特征提取的微网电氢混合储能协同优化配置方法。根据源荷不 平衡电量不同时间尺度调节需求以及微网并/离网切换和长时间自治要求,设置了"电池储 能-日调节氢储能-季节性氢储能"三级储能,构建了"并网运行模拟-

离网安全校核"两阶段微网电氢混合储能优化配置模型。结合季节与趋势分解和变分模态分 解算法对全年源荷不平衡功率序列进行多时间尺度特征提取,根据长时不平衡量确定氢储能 充放动作,从而降低配置模型求解难度。所提方法可充分挖掘微网源荷不平衡功率的多时间 尺度特性,协调混合储能最大限度消纳风光发电、保障负荷需求,并提高微网自治运行水平

(3)提出了氢储能SOC参考曲线指导下微网电氢混合储能协同优化运行方法。构建了考虑微 网并/离网情况下不同氢储能SOC参考曲线指导的滚动优化模型与框架。依次提出了并网情况 下兼顾历史经验与实际情况的氢储能SOC参考曲线Ref1生成方法,以及离网情况下考虑电力 保供的氢储能SOC参考曲线Ref2生成方法,两条参考曲线灵活切换,共同指导氢储能参与微 网电力电量调节。所提方法使氢储能在微网中长期优化运行中具有全局视野,可充分发挥氢 储能跨时段能量搬移优势,并增强微网应对极端天气的能力。

相关研究以期刊论文和发明专利形式进行成果转化:论文《基于多时间尺度特征提取的微网 电氢混合储能协同优化配置》已被EI期刊《中国电机工程学报》录用;专利《基于特征提取 的微网电氢储能优化配置方法、装置及介质》已授权。 (二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利 证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】

1.

公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含 发明专利申请)、软件著 作权、标准、工法、著作 、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申 请时间等	刊物名称 /专利授权 或申请号等	本人 排名/ 总人 数	备注
基于多时间尺度特征提 取的微网电氢混合储能 协同优化配置	一级期刊	2024年11 月15日	中国电机工 程学报	1/5	
基于特征提取的微网电 氢储能优化配置方法、 装置及介质	授权发明专利	2024年07 月02日	专利号: ZL 2024108756 94.7	3/3	
基于机会约束规划的配 电网分布式光伏承载能 力评估	其他公开正式刊物	2022年12 月15日	东北电力大 学学报	1/5	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自 主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方 案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效 益等】

(三)在校期间课程、专	业实践训练及学位论文相关情况						
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩: 87 分						
专业实践训练时间及考 核情况(具有三年及以上 工作经历的不作要求)	累计时间: 1 年 (要求1年及以上) 考核成绩: 93 分						
	本人承诺						
个人声明:本人上述所填资料均为真实有效,如有虚假,愿承担一切责任,特此声明!							
	申报人签名: 丁产有万义						

22260121

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果 非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价、

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价: □优秀 □良好 □合格 □不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字(公章): 年月日
申报材料 审核公示	 根据评审条件,工程师学院已对申报人员进行材料审核(学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况),并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日,具体公示结果如下: □通过 □不通过(具体原因:) □ 工程师学院教学管理办公室审核签字(公章): 年月日

浙江大学研究生院

学号: 22260121	姓名:丁琦欣	性别: 女		学院:			,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	专业: 电气工程			学制: 2.5年	
毕业时最低应获: 24.	. 0学分	已获得: 28.0学分					入学年月: 2022-09	毕业年月:				
学位证书号:					毕业证书号:			授予学4		学位	泣:	
学习时间	课程名称		备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注"	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	新时代中国特色社会主义理论与	实践		2.0	93	公共学位课	2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	82	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿			1.5	85	专业学位课	2022-2023学年春季学期	电气装备健康管理		2.0	93	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	新能源发电与变流技术			2.0	95	专业学位课	2022-2023学年春季学期	数学建模		2.0	90	专业选修课
2022-2023学年秋冬学期	工程管理			2.0	85	跨专业课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	84	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	综合能源系统集成优化			2.0	91	专业学位课	2022-2023学年春夏学期	工程伦理		2.0	85	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导			1.0	87	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践			3.0	84	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	"四史"专题			1.0	92	公共选修课		硕士生读书报告		2.0	通过	
								AND THE REAL PROPERTY AND THE READ THE READ THE REAL PROPERTY AND				

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制,两级制(通过、不通过),五级制(优、良、中、

及格、不及格)。

2. 备注中"*"表示重修课程。

学院成绩校核章: 人工切会 成绩校核人:张梦依至(60) 打印日期: 2025-06-03 质景校核章



中国电机工程学报 Proceedings of the CSEE ISSN 0258-8013,CN 11-2107/TM

《中国电机工程学报》网络首发论文

题目: 基于多时间尺度特征提取的微网电氢混合储能协同优化配置
 作者: 丁琦欣,赵波,陈哲,万灿,章雷其
 网络首发日期: 2024-11-15
 引用格式: 丁琦欣,赵波,陈哲,万灿,章雷其.基于多时间尺度特征提取的微网电氢
 混合储能协同优化配置[J/OL].中国电机工程学报.
 https://link.cnki.net/urlid/11.2107.TM.20241114.2052.025



www.cnki.net

网络首发:在编辑部工作流程中,稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定,且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件,可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定;学术研究成果具有创新性、科学性和先进性,符合编辑部对刊文的录用要求,不存在学术不端行为及其他侵权行为;稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准,正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性,录用定稿一经发布,不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容,只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认:纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约,在《中国 学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版,以单篇或整期出版形式,在印刷 出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出 版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z),所以签约期刊的网络版上网络首 发论文视为正式出版。 中国电机工程学报 Proceedings of the CSEE

基于多时间尺度特征提取的微网电氢混合储能 协同优化配置

丁琦欣1,赵波2,陈哲2,万灿1,章雷其2

(1. 浙江大学电气工程学院,浙江省 杭州市 310027;2. 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院,浙江省 杭州市 310014;

Collaborative Configuration Optimization of Microgrid Electric-Hydrogen Hybrid Energy Storage Based on Multi-Time Scale Feature Extraction

DING Qixin¹, ZHAO Bo², CHEN Zhe², WAN Can¹, ZHANG Leiqi²

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang Province, China;

2. State Grid Zhejiang Electric Power Research Institute, Hangzhou 310014, Zhejiang Province, China)

ABSTRACT: Hydrogen energy storage, as a long-term energy storage technology, can effectively promote the local consumption of a high proportion of distributed renewable energy within microgrids and further enhance the autonomous operation capability of microgrids. To address the imbalance between renewable energy and load across different time scales, this paper focuses on an electric-hydrogen coupling microgrid and proposes a hybrid energy storage collaborative optimization configuration method based on multi-time scale feature extraction. According to the coupling characteristics and regulation capability of electricity and hydrogen, a three-level energy storage system is established and a two-stage hybrid energy storage configuration model is constructed. Considering the switch between grid-connected and off-grid modes and the need for long-term autonomy, a 168-hour off-grid safety check is included in the configuration model, and extreme scenarios of continuous low renewable energy output are considered. Seasonal and trend decomposition and variational mode decomposition algorithms are employed to extract features from the annual imbalance power sequences. The hydrogen energy storage charge-discharge actions are determined by the long-term imbalance electricity to reduce the number of binary variables in the mixed-integer nonlinear programming problem. Finally, a case study of an actual electric-hydrogen coupling microgrid in Zhejiang Province is conducted to validate the effectiveness of the proposed method.

KEY WORDS: electric-hydrogen coupling microgrid; long and short-term hybrid energy storage; seasonal and trend decomposition using loess; variational mode decomposition

1

摘要:氢储能作为长时储能技术,可有效促进微网中高比 例分布式新能源就地消纳、进一步提高微网自治运行能 力。为解决新能源与负荷在不同时间尺度下的不平衡矛 盾,本文以电氢耦合微网为研究对象,提出一种基于多时 间尺度特征提取的混合储能协同优化配置方法,根据电、 氢耦合特性与调节能力设置三级储能,构建两阶段混合储 能优化配置模型。该方法根据微网并离网切换和长时间自 治需求,在配置模型中加入168h离网安全校核,并考虑 新能源持续低出力的极端场景;采用季节与趋势分解和变 分模态分解算法,对全年源荷不平衡功率序列进行特征提 取,根据长时不平衡量确定氢储能充放动作,减少混合整 数非线性规划问题中的0-1 变量。最后,以浙江某实际电 氢耦合微网为算例进行分析,验证了所提方法的有效性。

关键词: 电氢耦合微网; 长短周期混合储能; 季节与趋势 分解; 变分模态分解

0 引言

双碳目标下,新能源高比例、分散式接入成 为新型电力系统的重要特征之一^[1]。微网作为一 种促进分布式新能源就地消纳的有效手段,可通 过灵活的并离网操作和内部资源的集中调控,维 持系统安全运行。随着微网中新能源占比不断提 高,其强随机性给电力电量平衡带来了巨大挑战。 储能作为微网中的关键环节,可灵活调节源荷间 不平衡量,以保障电力供给和能源消纳^[2]。同时, 微网技术的持续发展对其长周期离网运行能力的

基金项目: 国家自然科学基金联合基金重点项目(U23B20124)。 Project Supported by Joint Funds of the National Natural Science Foundation of China (U23B20124).

证书号第7402355号





专利公告信息

发明专利证书

发明名称:基于特征提取的微网电氢储能优化配置方法、装置及介质

专利权人:国网浙江省电力有限公司电力科学研究院

地 址: 310014 浙江省杭州市拱墅区朝晖八区华电弄1号

发明人:赵波;陈哲;丁琦欣

专利号: ZL 2024 1 0875694.7

授权公告号: CN 118412900 B

专利申请日: 2024年07月02日

授权公告日: 2024年09月24日

2024年09月24日

申请日时申请人: 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院

申请日时发明人:赵波;陈哲;丁琦欣

局长

申长雨

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查,决定授予专利权,并予以公告。 专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

中公布

第1页(共1页)

DOI: 10.19718/j.issn.1005-2992.2022-06-0028-11

基于机会约束规划的配电网分布式 光伏承载能力评估

丁琦欣^{1,2},覃洪培¹,万 灿¹,彭 琰³,李昀熠¹

(1.浙江大学电气工程学院,浙江杭州 310027;2.浙江大学工程师学院,浙江杭州 310015;3.国网浙江省电力有限 公司电力科学研究院,浙江杭州 310014)

摘 要: 近年来分布式光伏发展迅猛,其发电功率间歇性和不确定性给配电网运行安全带来巨大威胁,亟需对配电网分布式光伏进行承载能力量化分析,以指导其科学开发.为此,考虑光伏发电功率不确定性,提出了一种基于机会约束规划的配电网分布式光伏承载能力评估方法.首先,基于分布式光伏历史运行数据,采用高斯混合模型对其发电功率概率分布进行建模表征;其次,考虑线路热稳定约束、电压安全约束以及设备运行约束,将光伏出力视作随机变量,建立了基于机会约束规划的配电网分布式光伏承载能力评估模型;然后,推导建立了分布式光伏发电功率与线路潮流、节点电压等系统状态变量间的仿射关系,通过计算累积分布函数在给定置信度下的分位点实现机会约束的确定性转化;最后,在一个改进的测试系统上验证了所提方法的有效性.

关 键 词:承载能力分析;配电网;分布式光伏;不确定性;机会约束规划;高斯混合模型 中图分类号:TM615;TM73 **文献标识码:** A

随着全球能源危机持续恶化,中国提出"3060 双碳目标",大力发展可再生能源,推动电力系统低碳转型.以分布式光伏为代表的可再生能源发电功率具有显著的不确定性^[1-4],其大规模接入导致配电网电压分布不均、电压质量下降、电压越限以及潮流反向等问题^[5-8].亟需深入研究和量化分析配电网分布式光伏承载能力,为分布式光伏大规模开发与接入提供关键性、指导性信息,并保证配电网安全稳定运行和支撑新型电力系统构建.

分布式光伏承载能力表示在保证系统运行安全稳定的前提下,配电网最大可接入的分布式光伏容 量^[9].在既往研究中,一般采用"接纳能力"^[10]"消纳能力"^[11]以及"最大接入容量"^[12]等指标来表征配 电网分布式光伏承载能力.文献[10]在定量分析系统资源功率调节范围的基础上,提出了一种基于系统 灵活性充裕度的可再生能源消纳能力评估方法,以支撑可再生能源消纳.文献[11]考虑配电网电压质 量、变压器及线路传输容量约束,基于随机场景模拟和定阶划分评估实现了配电网光伏消纳能力的评 估.以上研究均通过优化模型得到分析结果,考虑的制约因素有限.为此,文献[13]和文献[14]构建了相 关评估指标,可有效量化多重复杂约束下的配电网分布式光伏承载能力.然而,以上研究均以典型日运 行曲线来模拟光伏出力,未深入考虑分布式光伏不确定性对配电网运行安全性的影响.计及负荷和分布 式电源出力的随机性以及分布式电源接入容量和位置的不确定性,文献[15]通过将解析概率潮流嵌入 到蒙特卡洛模拟中,提出了一种基于随机分析-概率的分布式电源承载能力分析方法.文献[7]考虑光 伏和负荷的不确定性,提出了一种基于区间过电压概率的分布式电源承载能力分析方法,通过区间算法

收稿日期: 2022-09-15

基金项目:国家电网公司科技项目(5108-202218280A-2-446-XG)

第一作者: 丁琦欣(2000-), 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 新能源电力系统不确定性分析

通讯作者: 万 灿(1986-),男,博士,教授,主要研究方向:新能源电力系统不确定性预测、分析与控制

电子邮箱: qixin_ding@ zju.edu.cn(丁琦欣); qinhp@ zju.edu.cn(覃洪培); canwan@ zju.edu.cn(万灿); py6762467@ yeah.net(彭琰); yunyi_li@ zju.edu.cn(李昀熠)